

250/251  
CLIPPEDIMAGE= JP405088107A  
PAT-NO: JP405088107A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 05088107 A  
TITLE: OPTICAL TWEEZERS DEVICE

RECD MAY 22 2001

PUBN-DATE: April 9, 1993

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

OGASAWARA, TADAHIKO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

OLYMPUS OPTICAL CO LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP03248946

APPL-DATE: September 27, 1991

INT-CL\_(IPC): G02B027/00; C12M001/00 ; G01J001/04

ABSTRACT:

PURPOSE: To treat a large number of constrained flux particles by single operation at the same time by moving a container and the convergence position of laser light relatively by a constrained particle moving operation means.

CONSTITUTION: The laser light emitted by a laser device 2 for holding is split into plural beams by the optical fiber grating of a laser light splitting mechanism and the laser beams for particle constraint are guided into the container 7 to constrain particles which are suspended in the liquid in the container at different positions. The container 7 and the convergence position of the laser light are moved relatively with the operation arm 8 to treat a large number of constrained particles by the single operation at the same time. In this case, a nearly linear projection part 1d forming the optical path of the laser light is provided at the other side part of an optical tweezers device main body 1. In this projection part 1d, a 6th reflecting mirror 13 is arranged right above a 2nd reflecting mirror 5 and at a side

position of the  
container 7 and the laser light is reflected by this reflecting  
mirror 13  
laterally almost at 90.

COPYRIGHT: (C)1993, JPO&Jápio

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-88107

(43)公開日 平成5年(1993)4月9日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 2 B 27/00

C 1 2 M 1/00

G 0 1 J 1/04

識別記号

E 9I20-2K

Z 2104-4B

J 7381-2G

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1(全5頁)

(21)出願番号 特願平3-248946

(22)出願日 平成3年(1991)9月27日

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72)発明者 小笠原 忠彦

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

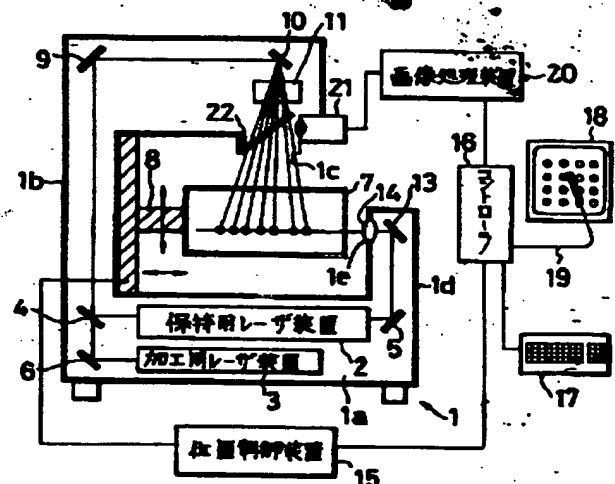
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 光ピンセット装置

(57)【要約】

【目的】本発明は、1回の操作で多量の細胞等の粒子を同時に処置することができ、産業分野での応用を図ることを最も主要な特徴とする。

【構成】レーザ光分割機構11によって形成される複数本の粒子拘束用のレーザ光を容器7内に導入し、容器7内の液体中に浮遊する複数の粒子をこれらの複数本のレーザ光によって拘束するとともに、容器7とレーザ光の集光位置とを相対的に移動させる操作アーム8を設けたことを特徴としている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 容器内の液体中に浮遊する粒子をレーザ光によって拘束する光ピンセット装置において、複数本の粒子拘束用のレーザ光を前記容器内に導入し、前記容器内の液体中に浮遊する複数の粒子を拘束する複数粒子拘束手段と、前記容器と前記レーザ光の集光位置とを相対的に移動させる拘束粒子移動操作手段とを具備したことを特徴とする光ピンセット装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は粒子をレーザ光によって拘束する光ピンセット装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から容器内の液体中に浮遊する光学的に屈折率を有する粒子は光束中に保持される原理が知られている。この種のものとして例えばUSP4893886にはレーザ光を単一の焦点に集光させて容器内の液体中に浮遊する粒子をこのレーザ光によって拘束する技術が示されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記従来構成のものにあっては1回の操作では容器内の液体中に浮遊する単一の粒子しかレーザ光によって拘束することができなかった。しかしながら、産業分野での応用を考えた場合には1回の操作で多量の細胞等の粒子を同時に処置することが必要になるが、上記従来構成のものにあってはこのような要望に応えることができない問題があった。

【0004】本発明は上記事情に着目してなされたもので、その目的は、1回の操作で多量の細胞等の粒子を同時に処置することができ、産業分野での応用を図るうえで有利な光ピンセット装置を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は容器内の液体中に浮遊する粒子をレーザ光によって拘束する光ピンセット装置において、複数本の粒子拘束用のレーザ光を前記容器内に導入し、前記容器内の液体中に浮遊する複数の粒子を拘束する複数粒子拘束手段と、前記容器と前記レーザ光の集光位置とを相対的に移動させる拘束粒子移動操作手段とを具備したものである。

【0006】

【作用】光源から出射されたレーザ光を複数粒子拘束手段によって複数に分割して複数本の粒子拘束用のレーザ光を容器内に導入し、容器内の液体中に浮遊する異なる位置の複数の粒子を拘束するとともに、拘束粒子移動操作手段によって容器とレーザ光の集光位置とを相対的に移動させて1回の操作で多量の拘束粒子を同時に処置するようにしたものである。

【0007】

【実施例】以下、本発明の第1の実施例を図1および図2を参照して説明する。図1は光ピンセット装置全体の

概略構成を示すもので、1は光ピンセット装置本体である。この装置本体1の下部には機械室1aが形成されており、この機械室1a内には保持用レーザ光を出射する保持用レーザ装置2および加工用レーザ光を出射する加工用レーザ装置3がそれぞれ内蔵されている。

【0008】さらに、保持用レーザ装置2の両側にはこの保持用レーザ装置2から出射されたレーザ光を上方向に略直角に反射する第1、第2の反射鏡4、5がそれぞれ配設されている。この場合、一方の第1の反射鏡4は例えばハーフミラーによって形成されている。

【0009】また、加工用レーザ装置3の一侧部にはこの加工用レーザ装置3から出射されたレーザ光を上方向に略直角に反射する第3の反射鏡6が配設されている。この反射鏡6は第1の反射鏡4の真下に配置されている。そして、この第3の反射鏡6によって反射されたレーザ光は第1の反射鏡4を透過して上方向に導びかれるようになっている。

【0010】また、光ピンセット装置本体1には機械室1aの上に透明な材料で形成された容器7が配設されている。この容器7の内部には光学的に透明な液体で満たされており、この液体中には光学的に屈折率を有する微小粒子が多数含有されている。

【0011】さらに、この容器7は例えば圧電素子によって形成され、X、Y、Z方向にそれぞれ移動可能な操作アーム（拘束粒子移動操作手段）8によって光ピンセット装置本体1に対して相対的に3次元的に移動可能に支持されている。

【0012】また、光ピンセット装置本体1の一侧部にはレーザ光の光路を形成する略L字状の支持アーム1bが突設されている。この支持アーム1bの内部には第1の反射鏡4および第3の反射鏡6の真上の位置に配置された第4の反射鏡9が配設されており、下方の第1の反射鏡4および第3の反射鏡6によって反射されたレーザ光はこの第4の反射鏡9によってさらに横方向に略直角に反射されるようになっている。

【0013】さらに、この支持アーム1bの上部先端の下面には容器4の上方位置に配置されたレーザ光照射用の開口部1cが形成されており、この開口部1cの上方位置に第5の反射鏡10が配置されている。この第5の反射鏡10は第4の反射鏡9からの反射レーザ光の光路上に配置されている。そして、第4の反射鏡9からの反射レーザ光はこの第5の反射鏡10によって下向きに反射され、この反射レーザ光はさらに開口部1cを通して容器4内に照射されるようになっている。

【0014】また、第5の反射鏡10からの反射レーザ光の光路内には光学的ローパスフィルタを形成するレーザ光分割機構（複数粒子拘束手段）11が配設されている。このレーザ光分割機構11は例えば図2に示す光ファイバグレーティング12によって形成されている。この光ファイバグレーティング12は多数の光ファイバ1

10

20

30

40

50

3

2a...を縦方向に並設させた第1の光ファイバ並設体と多数の光ファイバ12b...を横方向に並設させた第2の光ファイバ並設体とを重ね合わせたものである。そして、第5の反射鏡10からの反射レーザー光(単一ビーム)はこの光ファイバグレーティング12を透過することにより、複数本の粒子拘束用のレーザー光に分割され、それぞれ容器7内の液体中に焦点合わせされるようになっている。

【0015】さらに、光ピンセット装置本体1の他側部にはレーザー光の光路を形成する略直線状の突設部1dが突設されている。この突設部1dの内部には第2の反射鏡5の真上の位置で、かつ容器7の側方位置に配置された第6の反射鏡13が配設されている。そして、下方の第2の反射鏡5によって反射されたレーザー光はこの第6の反射鏡13によってさらに横方向に略直角に反射されるようになっている。

【0016】また、この突設部1dの側面には容器7の側面と対向する位置にレーザー光照射用の開口部1eが形成されており、この開口部1eには第6の反射鏡13からの反射レーザー光を容器7内の液体中に集光するレンズ14が装着されている。この場合、レンズ14を透過したのち、略水平方向から容器7内に照射されるレーザー光の光路はこの容器7内に上方から照射される複数本の粒子拘束用のレーザー光と交差するように設定されている。そして、これらの2方向からのレーザー光の交差部分ではマイクロオーダーのスポットを結ばせるようになっており、これらの2方向からのレーザー光の交差部分で容器7内の液体中に浮遊する複数の粒子が保持されるようになっている。

【0017】一方、操作アーム8は位置制御装置15に接続されている。そして、この位置制御装置15によって操作アーム8のX、Y、Z方向のそれぞれ移動動作が制御され、この操作アーム8によって容器7がX、Y、Z方向に3次元的にそれぞれ位置制御されるようになっている。

【0018】さらに、この位置制御装置15は例えばマイクロコンピュータおよびその周辺回路によって形成されるコントローラ16に接続されている。このコントローラ16にはキーボード17、モニタ18、ライトペン19および画像処理装置20がそれぞれ接続されている。この画像処理装置20には容器7の上方から容器7の液体中の微小粒子の画像を撮影するテレビカメラ21が接続されている。

【0019】このテレビカメラ21は支持アーム1bの上部先端の側面に、レーザー光分割機構11を透過した複数本の粒子拘束用のレーザー光の方向に向けて略水平に設置されている。さらに、レーザー光分割機構11を透過した複数本の粒子拘束用のレーザー光の光路内にはこのテレビカメラ21に対して離間対向配置された第7の反射鏡22が配置されている。この第7の反射鏡22はレーザ

4

光分割機構11を透過した複数本の粒子拘束用のレーザー光を透過し、容器7側から上方に向かう光をテレビカメラ21方向に向けて全反射する例えばハーフミラーによって形成されている。そして、テレビカメラ21によって撮影された容器7の液体中の微小粒子の画像は画像処理装置20を経由してコントローラ16に送られたのち、モニタ18上に表示されるようになっている。

【0020】なお、キーボード17、ライトペン19等の入力装置により与えられた位置信号はコントローラを経由して位置制御装置15に入力され、この位置制御装置15によって操作アーム8を動かし、必要な位置に容器7を移動させるようになっている。

【0021】また、加工用レーザー装置3から出射された加工用レーザー光は保持用レーザー装置2からの2方向のレーザー光の交差部分で保持されている複数の微小粒子に対し、同時に、または選択的に小さなスポットで照射され、これらの微小粒子に穴明け加工を行なったり、或いは蒸散、溶接等の加工を行なうものである。

【0022】次に、上記構成の作用について説明する。まず、光ピンセット装置の使用時には保持用レーザー装置2が駆動され、この保持用レーザー装置2の両側部から保持用レーザー光がそれぞれ出射される。

【0023】そして、図1中で、保持用レーザー装置2の左側から出射された保持用レーザー光は第1の反射鏡4、第4の反射鏡9、および第5の反射鏡10によって順次反射される。さらに、この第5の反射鏡10によって下向きに反射された単一ビームの反射レーザー光はレーザー光分割機構11の光ファイバグレーティング12を透過することにより、複数本の粒子拘束用のレーザー光に分割される。

【0024】さらに、光ファイバグレーティング12によって分割された複数本の粒子拘束用のレーザー光は開口部1cを通して容器4内に照射され、容器4内の液体中に焦点合わせされる。

【0025】また、図1中で、保持用レーザー装置2の右側から出射された保持用レーザー光は第2の反射鏡5および第6の反射鏡13によって順次反射され、続いてレンズ14を透過したのち、略水平方向から容器7内に照射される。そして、容器7の上方から容器7内に照射される複数本の粒子拘束用のレーザー光と略水平方向から容器7内に照射されるレーザー光との交差部分ではマイクロオーダーのスポットが結ばれており、これらの2方向からのレーザー光の交差部分で容器7内の液体中に浮遊する複数の粒子が保持される。したがって、容器7内の液体中に無秩序に多数存在する微小粒子を容器7の上方から容器7内に照射される複数本の粒子拘束用のレーザー光の照射位置に確実に位置決めした状態で保持させることができる。

【0026】また、テレビカメラ21によって撮影された容器7の液体中の微小粒子の画像は画像処理装置20

10

20

30

40

50

5

を經由してコントローラ16に送られたのち、モニタ18上に表示される。

【0027】さらに、キーボード17、ライトペン19等の入力装置により与えられた位置信号はコントローラを經由して位置制御装置15に入力される。そして、この位置制御装置15によって操作アーム8が動かされ、必要な位置に容器7が移動される。

【0028】また、加工用レーザ装置3から出射された加工用レーザ光は第3の反射鏡6によって反射されたのち、第1の反射鏡4を透過して上方向に導びかれ、第4の反射鏡9によってさらに横方向に略直角に反射される。そして、第5の反射鏡10によって下向きに反射されたのち、この反射レーザ光（単一ビーム）はレーザ光分割機構11の光ファイバグレーティング12を透過することにより、複数本の粒子拘束用のレーザ光に分割された状態で開口部1cを通して容器4内に照射される。したがって、保持用レーザ装置2からの2方向のレーザ光の交差部分で保持されている複数の微小粒子に対し、この加工用レーザ光が同時に、または選択的に小さなスポットで照射され、これらの微小粒子に穴明け加工、或いは蒸散、溶接等の加工が行なわれる。

【0029】そこで、上記構成のものにあっては保持用レーザ装置2から出射されたレーザ光をレーザ光分割機構11の光ファイバグレーティング12によって複数に分割して複数本の粒子拘束用のレーザ光を容器7内に導入し、容器7内の液体中に浮遊する異なる位置の複数の粒子を拘束するとともに、操作アーム8によって容器7とレーザ光の集光位置とを相対的に移動させて1回の操作で多量の拘束粒子を同時に処置するようにしたので、1回の操作で多量の細胞等の粒子を同時に処置することができ、産業分野での応用を図るうえで有利となる。そのため、例えば多数の細胞等を同時に効率よく遺伝子操作、或いは受精処理、細胞融合等の生物学上の様々な処理を行なうことができる。

【0030】なお、本発明は上記実施例に限定されるものではない。例えば、上記実施例では容器7内の液体中に上方向から照射される複数本の粒子拘束用のレーザ光と同時に容器7内の液体中に横方向から略水平に他の保持用レーザ光を照射し、これらの2方向からのレーザ光の交差部分で容器7内の液体中に浮遊する複数の粒子を保持する構成のものを示したが、容器7内の液体中に浮

6

遊する粒子を光学的に捕捉するうえで、必ずしも略水平の保持用レーザ光は必要ないので、この略水平の保持用レーザ光を省略する構成にしてもよい。

【0031】さらに、レーザ光分割機構11は図3に示すように2枚の複屈折結晶31、32を結晶方向をずらして2枚重ねた構成のもの、或いは図4に示すようにマルチレンズアレイ、または多面体プリズムと呼ばれている微小なレンズまたはプリズムを多数並べた光学素子41によって形成してもよい。

【0032】また、図5に示す第2の実施例のように第1の実施例における第5の反射鏡10を例えばガルバノメータのように高速で回転制御するアクチュエータ51を設けるとともに、保持用レーザ装置2から出射される保持用レーザ光を第5の反射鏡10の回転に同期させてパルス発振させることにより、容器7内に複数本の粒子拘束用のレーザ光をパルスの的に照射し、これらの複数本の粒子拘束用のレーザ光によって液体中に浮遊する複数の粒子を保持させる構成にしてもよい。さらに、その他この発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変形実施できることは勿論である。

【0033】

【発明の効果】本発明によれば複数本の粒子拘束用のレーザ光を容器内に導入し、容器内の液体中に浮遊する複数の粒子を拘束する複数粒子拘束手段と、容器とレーザ光の集光位置とを相対的に移動させる拘束粒子移動操作手段とを設けたので、1回の操作で多量の細胞等の粒子を同時に処置することができ、産業分野での応用を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施例の光ピンセット装置全体の概略構成図。

【図2】 光ファイバグレーティングを示す斜視図。

【図3】 レーザ光分割機構の変形例を示す側面図。

【図4】 レーザ光分割機構の他の変形例を示す斜視図。

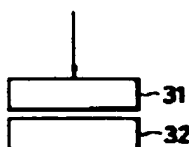
【図5】 この発明の第2の実施例の要部の概略構成図。

【符号の説明】

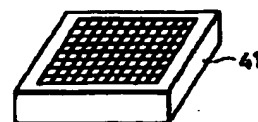
7…容器、8…操作アーム（拘束粒子移動操作手段）、

11…レーザ光分割機構（複数粒子拘束手段）。

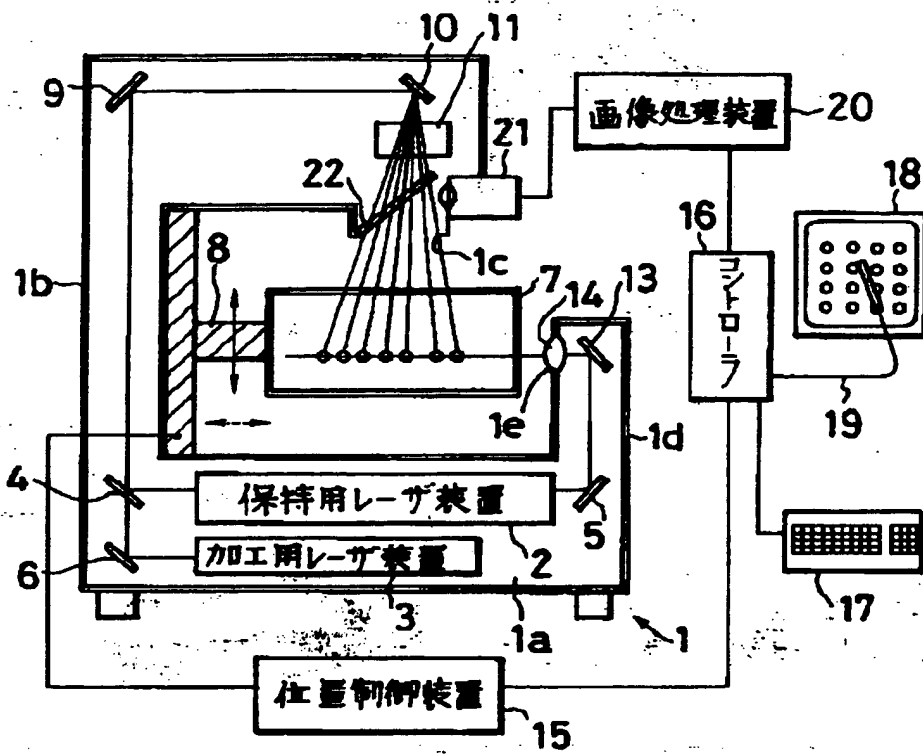
【図3】



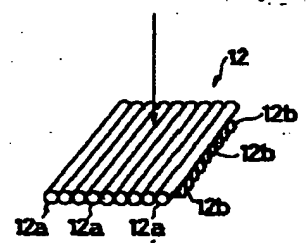
【図4】



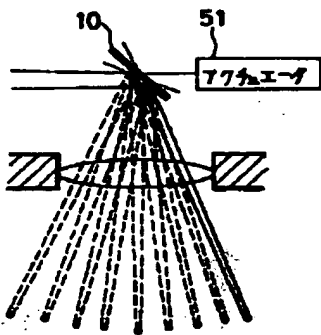
【図1】



【図2】



【図5】



English Translation of JP 05-88107A

JAPANESE PATENT PROVISIONAL PUBLICATION NO. 5-88107  
PUBLISHED: APRIL 9, 1993

[APPLICATION NUMBER]  
248946/1991

[APPLICATION DATE]  
SEPTEMBER 27, 1991

[INVENTOR]  
TADAHIKO OGASAWARA

[APPLICANT]  
OLYMPUS

[ATTORNEY]  
TAKEHIKO SUZUE

[54] TITLE OF THE INVENTION  
OPTICAL TWEEZERS

[57] ABSTRACT  
[PURPOSE]

The object of the present invention is to treat a large number of particles such as cells simultaneously by a single operation, and finds applications in various industrial fields.

[CONSTITUTION]

A plurality of beams of laser light for constraining the particles, which are formed by a laser light splitting mechanism 11, are guided into a container 7 to constrain the particles which are suspended in the liquid in the container 7 by these beams of the laser light. Additionally, an operation arm 8 is provided to relatively move the container 7 and a convergence position of the laser light.

[CLAIMS]  
[Claim 1]

An optical tweezers device for constraining particles



which are suspended in a liquid in a container by laser light comprising:

means for constraining a plurality of particles to guide plural beams of laser light for constraining the particles into a container and to constrain a plurality of particles which are suspended in the liquid in said container; and

means for operating movement of constrained particles to relatively move said container and a convergence position of said laser light.

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0001]

[TECHNICAL FIELD TO WHICH THE INVENTION PERTAINS]

The present invention relates to an optical tweezers device for constraining the particles by laser light.

[0002]

[PRIOR ART]

Conventionally, a principle has been known such that the particles, which have an optical refractive index and are suspended in the liquid in the container, are held in a light flux. For example, USP 4893886 discloses such a principle, namely, a technology for converging laser light on a single focal point and constraining particles which are suspended in the liquid in container by this converged laser light.

[0003]

[PROBLEMS TO BE SOLVED BY THE INVENTION]

According to the above described constitution, single operation could constrain a single particle which is suspended in the liquid in the container by the laser light. For industrial applications, it is necessary to treat a large number of particles such as cells with a single operation at the same time. However, the above-described conventional technique could not satisfy such a demand.

[0004]

The present invention has been made taking the foregoing problems into consideration, an object of which is to provide an optical tweezers device, which is capable of treating a large number of particles such as cells with

a single operation at the same time, and this optical tweezers device is advantageous for industrial applications.

[0005]

[MEANS FOR SOLVING THE PROBLEMS]

The present invention provides an optical tweezers device for constraining particles which are suspended in a liquid in a container by laser light comprising means for constraining a plurality of particles which are suspended in the liquid in the container by introducing a plurality of beams of laser light for constraining the particles into the container and means for moving and manipulating the constrained particles so as to relatively move the container and a convergence position of laser light.

[0006]

[OPERATION]

The laser light emitted from a light source is split into a plurality of beams by the means for constraining a plurality of particles and the plural beams of the laser light for constraining a plurality of particles are guided into a container so as to constrain a plurality of particles which are suspended in the liquid in the container at different positions. Further, the container and the convergence position of the laser light are relatively moved by the means for moving and manipulating constrained particles to simultaneously process the large number of constrained particles with a single operation.

[0007]

[MODE FOR CARRYING OUT THE INVENTION]

A first embodiment according to the present invention will be described with reference to FIG. 1 and FIG. 2 below. FIG. 1 is a diagram for illustrating a schematic constitution of an entire optical tweezers device. In FIG. 1, reference numeral 1 represents an optical tweezers device body. At a lower portion of this device body 1, a machine chamber 1a is defined. In this machine chamber 1a, a laser device for holding 2, which emits the laser light for holding, and a laser device for processing 3, which emits the laser light for processing, are incorporated, respectively.

[0008]

Further, a first reflecting mirror 4 and a second reflecting mirror 5 are disposed on the opposite sides of the laser device for holding 2, respectively, to reflect the laser light, which is emitted from this laser device for holding 2, at substantially right angle in an upper direction. In this case, one reflecting mirror, i.e., the first reflecting mirror 4 is formed, for example, by a half mirror.

[0009]

Alternatively, a third reflecting mirror 6 is disposed on one side of the laser device for processing 3 to reflect the laser light, which is emitted from this laser device for processing 3, at substantially right angle in an upper direction. This third reflecting mirror 6 is disposed directly below the first reflecting mirror 4. Additionally, the laser light, which is reflected by this third reflecting mirror 6, passes through the first reflecting mirror 4 so that it is guided to the upper direction.

[0010]

Alternatively, the optical tweezers device body 1 is provided with a container 7, which is made of a transparent material, on the machine-chamber 1a. The interior of this container 7 is filled with a liquid which is optically transparent. This liquid includes a large number of fine particles having an optical refractive index.

[0011]

Further, this container 7 is formed by, for example, a piezoelectric element to be supported with being capable of moving relatively three-dimensionally with respect to the optical tweezers device body 1 by an operational arm (means for operating movement of constrained particles 8), which is capable of moving in X, Y and Z directions, respectively.

[0012]

Additionally, a substantially L shaped supporting arm 1b is prominently established at one side of the optical tweezers device body 1 to form a light path of the laser light. In the interior of this supporting arm 1b, the

first reflecting mirror 4 and a fourth reflecting mirror 9, which is disposed directly above the third reflecting mirror 6. The laser light, which is reflected by the lower first reflecting mirror 4 and the third reflecting mirror 6, is further reflected by the fourth reflecting mirror 9 in a lateral direction at substantially right angle.

[0013]

Further, on a lower surface of an upper end of this supporting arm 1b, an opening 1c for irradiating a laser light is defined in an upper position of the container 4. A fifth reflecting mirror 10 is arranged in an upper position of this opening 1c. This fifth reflecting mirror 10 is arranged on a light path of the reflecting laser light from the fourth reflecting mirror 9. Then, the reflecting laser light from the fourth reflecting mirror 9 is reflected in a lower direction by this fifth reflecting mirror 10 and this reflecting laser light is further irradiated to the interior of the container 4 through the opening 1c.

[0014]

Alternatively, a laser light splitting mechanism (means for constraining a plurality of particles) 11 is disposed to form an optical low-pass filter in the reflecting laser light from the fifth reflecting mirror 10. This laser light splitting mechanism 11 is formed by, for example, an optical fiber grating 12 shown in FIG. 2. This optical fiber grating 12 is formed in such a manner that a first optical fiber annex establishment, in which a large number of optical fibers 12a are established in an annex in a lengthwise direction, and a second optical fiber annex establishment, in which a large number of optical fibers 12b are established in an annex in a lateral direction, are superimposed. Then, the reflecting laser light (single beam) from the fifth reflecting mirror 10 passes through this optical fiber grating 12, so that it is split into a plurality of beams of the laser light for constraining the particles. As a result, the split laser beams are converged in the liquid in the container 7, respectively.

[0015]

Additionally, a substantially linear projecting portion 1d is prominently established on the other side of

the optical tweezers device body 1 to form a light path of the laser light. In the interior of this projecting portion 1d, a sixth reflecting mirror 13 is arranged in the interior of this projecting portion 1d directly above the second reflecting mirror 5 and at the side position of the container 7. Then, the laser light reflected by the lower second reflecting mirror 5 is further reflected in a lateral direction at substantially right angle by this Sixth reflecting mirror 13.

[0016]

Alternatively, on the side surface of this projecting portion 1d, an opening 1e for irradiating a laser light is defined being opposed to the side surface of the container 7. In this opening 1e, a lens 14 is attached to converge the reflecting laser light from the sixth reflecting mirror 13 in the liquid in the container 7. In this case, a light path of the laser light, which is irradiated from substantially horizontal direction in the interior of the container, is built so that it crosses a plurality of beams of laser light for constraining the particles to be irradiated from the upper direction in the container 7 after the reflecting laser light passes through the lens 14. Further, at a cross point of the laser light from these two directions, the laser light is focused into a spot in a micron order. Additionally, at a cross point of the laser light from these two directions, a plurality of particles which are suspended in the liquid in the container 7 are held.

[0017]

On the other hand, the operation arm 8 is connected to a position controlling apparatus 15. Then, this position controlling apparatus 15 controls the moving operation in the X, the Y and the Z directions of the operation arm 8, respectively and this operation arm 8 controls the position of the container 7 three-dimensionally in the X, the Y and the Z directions, respectively.

[0018]

Additionally, this position controlling apparatus 15 is connected to a controller 16, which is configured by, for example, a microcomputer and its peripheral circuit. A

keyboard 17, a monitor 18, a light pen 19 and an image processing apparatus 20 are connected to this controller 16, respectively. A television camera 21 for taking a picture of the fine particles in the liquid in the container 7 is connected to this image processing apparatus 20 from above the container 7.

[0019]

This television camera 21 is substantially placed on the side surface of the upper end of the supporting arm 1b toward a direction of plural beams of the laser light for constraining the particles, which pass through the laser light splitting mechanism 11. Further, in a light path of the plural beams of the laser light for constraining the particles, which pass through the laser light splitting mechanism 11, a seventh reflecting mirror 22 is arranged with being apart from and being opposed to this television camera 21. This seventh reflecting mirror 22 is formed by, for example, a half mirror, through which the plural beams of the laser light for constraining the particles, which pass through the laser light splitting mechanism 11, pass and which totally reflects the light directed from the container 7 upward toward the direction of the television camera 21. The image in the fine particles in the liquid in the container 7, which is picturized by the television camera 21, is transmitted to the controller 16 via the image processing apparatus 20, then, it is displayed on the monitor 18.

[0020]

Alternatively, a positional signal, which is given by an input device such as the key board 17 and the light pen 19 or the like, is inputted in the position controlling apparatus 15 via the controller. Then, the positional signal actuates the operation arm 8 with this position controlling apparatus 15 so that it moves the container 7 to a required position.

[0021]

Alternatively, the laser light for processing, which is emitted from the laser device for processing 3, is simultaneously or selectively irradiated at a small spot with respect to plural fine particles, which are held at a cross portion of the laser light in two directions from the

laser device for holding 2, so that the laser light for processing drills a hole in these fine particles or performs transpiration and welding or the like.

[0022]

In the next place, the effect of the above described constitution will be described. When the optical tweezers device has been in use, at first, the laser device for holding 2 is activated, so that the laser light for holding is emitted from the opposite sides of this laser device for holding 2.

[0023]

Then, in FIG. 1, the laser light for holding, which is emitted from a left side of the laser device for holding 2, is sequentially reflected by the first reflecting mirror 4, the fourth reflecting mirror 9 and the fifth reflecting mirror 10. Further, single beam of the reflecting laser light, which is reflected downward by this fifth reflecting mirror 10, passes through the optical fiber grating 12 of the laser light splitting mechanism 11, so that it is split into plural beams of the laser light for constraining the particles.

[0024]

Further, plural beams of the laser light for constraining the particles, which are divided by the optical fiber grating 12, is irradiated through the opening 1c in the container 4, then, it is converged in the liquid in the container 4.

[0025]

Alternatively, in FIG. 1, the laser light for holding, which is emitted from a right side of the laser device for holding 2, is sequentially reflected by the second reflecting mirror 5 and the sixth reflecting mirror 13. Consequently, the laser light for holding passes through the lens 14 to be irradiated in the container 7 from substantially horizontal direction. Then, at a cross point of plural beams of the laser light for constraining the particles irradiated in the container 7 from above the container 7 and the laser light irradiated in the container 7 from substantially horizontal direction, the laser light is focused into a spot in a micron order. Additionally, at

a cross point of the laser light from these two directions, a plurality of particles which are suspended in the liquid in the container 7 are held. Accordingly, it is possible to hold a large number of the fine particles which are disorderly suspended in the liquid in the container 7 with being certainly positioned from above the container 7 to an irradiating position of plural beams of the laser light for constraining the particles, which are irradiated in the container 7 from above the container 7.

[0026]

Alternatively, the image of the fine particles in the liquid in the container 7, which is picturized by the television camera 21, is transmitted to the controller 16 via the image processing apparatus 20 to be displayed on the monitor 18.

[0027]

Further, a positional signal, which is given by an input device such as the key board 17 and the light pen 19 or the like, is inputted in the position controlling apparatus 15 via the controller. Then, the positional signal actuates the operation arm 8 with this position controlling apparatus 15 so that it moves the container 7 to a required position.

[0028]

Alternatively, the laser light for processing, which is emitted from the laser device for processing 3, is reflected by the third reflecting mirror 6, so that it passes through the first reflecting mirror 4 to be guided upward. Then, the laser light for processing is further reflected by the fourth reflecting mirror 9 at substantially right angle in a lateral direction. After it is reflected by the fifth reflecting mirror 10 downward, this reflecting laser light (a single beam) passes through the optical fiber grating 12 of the laser light splitting mechanism 11, so that this reflecting laser light is irradiated in the container 4 through the opening 1c with being split into plural beams of the laser light for constraining the particles. Accordingly, this laser light is simultaneously or selectively irradiated at a small spot with respect to plural fine particles, which are held at a cross portion of the laser light in two directions from the



laser device for holding 2, so that this laser light for processing drills a hole in these fine particles or performs transpiration and welding or the like.

[0029]

Therefore, according to the above described constitution, the laser light emitted from a left side of the laser device for holding 2 is split into plural beams by the optical fiber grating 12 of the laser light splitting mechanism 11 and plural beams of the laser light for constraining the particles are guided in the container 7. Then, according to the above described constitution, constraining the plural particles which are suspended in the liquid in the container 7 at the different positions and relatively moving the container 7 and the convergence position of the laser light by the operation arm 8, it is possible to treat a large number of the constrained particles by single operation at the same time. As a result, it becomes possible to treat a large number of particles such as cells by single operation at the same time, so that this constitution has an advantage when it is applied in the technical field. Therefore, for example, it is possible to simultaneously and effectively provide various biological treatments such as gene manipulation, or fertilization and cell fusion or the like to a large number of cells or the like.

[0030]

The present invention is not limited to the above described embodiment. For example, according to the above described embodiment, the constitution is explained that plural beams of the laser light are irradiated in the liquid in the container 7 from above, and at the same time, other laser light for holding is irradiated from a lateral direction in substantially horizontally in the liquid in the container 7 and the plural particles which are suspended in the liquid in the container 7 are held at a cross portion of the laser light from these two directions. However, in order to optically acquire the particles which are suspended in the liquid in the container 7, the laser light for holding, which substantially horizontal, is not always necessary. Therefore, this laser light for holding, which substantially horizontal, may be omitted in the constitution.

[0031]

Further, as shown in FIG. 3, the laser light splitting mechanism 11 may be configured by superimposing two pieces of birefringent crystals 31 and 32 as the crystal directions are displaced or as shown in FIG. 4, the laser light splitting mechanism 11 may be configured by an optical element 41, in which a large number of multi lens arrays, or a large number of a minute lens referred to as a polyhedron prism or a large number of prisms are aligned.

[0032]

Alternatively, as the second embodiment shown in FIG. 5, the present invention may be provided with an actuator 51 for rotatably controlling the fifth reflecting mirror 10 in the first embodiment at a high speed, for example, a galvanometer. Additionally, the present invention may be constituted in such a manner that the laser light for holding, which is emitted from the laser device for holding 2, is synchronized with the rotation of the fifth reflecting mirror 10 to be pulse-oscillated, so that the plural beams of the laser light for constraining the particles are pulse-irradiated in the container 7 so that the plural particles which are suspended in the liquid are held by these plural beams of the laser light for constraining the particles. Further, of course, various modifications may be available within a scope, which does not deviate from the spirit of the present invention.

[0033]

#### [EFFECT OF THE INVENTION]

The present invention comprises the means for constraining a plurality of particles to guide a plurality of beams of laser light for constraining the particles into a container and to constrain a plurality of particles which are suspended in the liquid in said container and the means for operating movement of constrained particles to relatively move said container and a convergence position of said laser light. Therefore, it is possible to treat a large number of particles such as cells by single operation at the same time and the present invention has an advantage when it is applied in the technical field.

#### [BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS]

FIG. 1 is a schematic constitutional view for

entirely illustrating an optical tweezers device according to a first embodiment of the present invention.

FIG. 2 is a perspective view for illustrating an optical fiber grating.

FIG. 3 is a side view for illustrating a modification of a laser light splitting mechanism.

FIG. 4 is a perspective view for illustrating another modification of the laser light splitting mechanism.

FIG. 5 is a schematic constitutional view of a substantial part according to a second embodiment of the present invention.

[EXPLANATION OF REFERENCE NUMERALS]

7: container, 8: operation arm (means for operating movement of constrained particles), 11: laser light splitting mechanism (means for constraining a plurality of particles)

特開平5-88107

